

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08322153
PUBLICATION DATE : 03-12-96

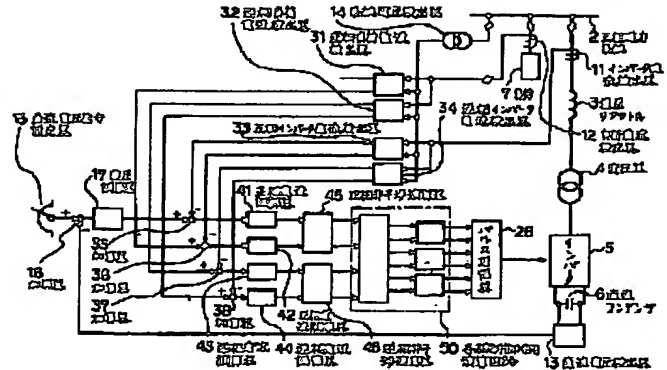
APPLICATION DATE : 23-05-95
APPLICATION NUMBER : 07123313

APPLICANT : FUJI ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : YAMAMOTO MITSUTOSHI;

INT.CL. : H02J 3/16 G05F 1/70 H02J 3/18
H02J 3/26 H02M 7/48

TITLE : CONTROL METHOD OF
THREE-PHASE POWER CONVERTER
FOR REACTIVE POWER
COMPENSATION



ABSTRACT : PURPOSE: To suppress fluctuation of system voltage due to negative phase, current by detecting the current of an inverter while separating into DC biaxial components of positive and negative phases, converting the inverter current thus detected into a voltage command value for each of three phases and controlling each phase of inverter individually.

CONSTITUTION: A current flowing through a load 7 is connected with a three-phase power system 2 is detected while being separated into biaxial components of positive and negative phases thus detecting the current flowing through an inverter 5 while separating into biaxial components of positive and negative phases. Positive phase current regulators 41, 42 and a positive phase noninterference operating unit 45 determine the biaxial component of positive phase voltage command value for nullifying the difference of positive phase biaxial component between the load current and inverter current while negative phase current regulators 43, 44 and a negative phase noninterference operating unit 46 determine the biaxial component of negative phase voltage command value for nullifying the difference of negative phase biaxial component between the load current and inverter current. Control signal for each phase of the inverter 5 is operated from the biaxial component of both voltage command values.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 三相電力系統に三相電力変換装置を接続し、当該三相電力変換装置が出力する電流を正相 2 軸成分と逆相 2 軸成分とに分離して検出し、前記三相電力系統を流れる負荷電流を正相 2 軸成分と逆相 2 軸成分とに分離して検出し、この負荷電流各検出値を指令値にして前記三相電力変換装置出力電流各検出値を前記指令値に一致させる調節動作により正相電圧指令値 2 軸成分と逆相電圧指令値 2 軸成分とを求め、前記三相電力変換装置の各相を別個に制御する各相制御信号は、前記正相電圧指令値 2 軸成分と逆相電圧指令値 2 軸成分から演算することを特徴とする無効電力補償用三相電力変換装置の制御方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の無効電力補償用三相電力変換装置の制御方法において、前記三相電力変換装置の各相を別個に制御する各相制御信号は、調節動作により得られる前記正相電圧指令値 2 軸成分と逆相電圧指令値 2 軸成分から演算される三相各相毎の 2 軸電圧指令値を使用することを特徴とする無効電力補償用三相電力変換装置の制御方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の無効電力補償用三相電力変換装置の制御方法において、前記三相電力変換装置の各相を別個に制御する各相制御信号は、調節動作により得られる前記正相電圧指令値 2 軸成分と逆相電圧指令値 2 軸成分から演算される三相各相毎の 2 軸電圧指令値と、これら三相各相毎の 2 軸電圧指令値から演算される三相各相毎の電圧位相と電圧波高値を使用することを特徴とする無効電力補償用三相電力変換装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、三相電力系統に生じる無効電力や不平衡電力を補償して、当該三相電力系統の電圧変動を抑制する無効電力補償用三相電力変換装置の制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 図 5 は無効電力補償装置の基本構成を示した主回路接続図である。この図 5 において、三相電力系統 2 には連系リアクトル 3 と変圧器 4 とを介して三相電力変換装置としてのインバータ 5 の交流側を接続するが、このインバータ 5 の直流側には直流コンデンサ 6 を接続する。

【0003】 図 6 は図 5 の基本構成回路に従って無効電力を制御する従来例を示した回路図であって、自励式電圧形インバータを使用して無効電力を制御する場合を示している。この図 6 の従来例回路において、三相電力系統 2 には連系リアクトル 3 と変圧器 4 とを介して三相電力変換装置としてのインバータ 5（自励式電圧形インバータ）を接続し、当該インバータ 5 の電流をインバータ電流検出器 11 で検出する。一方、三相電力系統 2 に接続した負荷 7 に流れる電流は、負荷電流検出器 12 で検

出する。また、この三相電力系統 2 の電圧は系統電圧検出器 14 で検出する。

【0004】 負荷電力演算器 21 は負荷電流検出器 12 で検出する負荷電流と系統電圧検出器 14 で検出する系統電圧とを入力して、負荷 7 の有効電力 L_r と無効電力 L_q とを演算するが、そのうちの無効電力演算値 L_q を指令値として加算器 24 へ出力する。インバータ電力演算器 22 はインバータ電流検出器 11 で検出するインバータ電流と前記の系統電圧検出器 14 で検出する系統電圧とを入力して、インバータ 5 の有効電力 C_r と無効電力 C_q とを演算し、有効電力演算値 C_r は加算器 23 へ入力させ、無効電力演算値 C_q は加算器 24 へ入力させる。

【0005】 一方、加算器 16 は直流電圧検出器 13 が検出する直流コンデンサ 6 の電圧と直流電圧指令設定器 15 が設定する直流電圧指令値との偏差を演算し、電圧調節器 17 はこの偏差を零にする制御信号を有効電力指令値として加算器 23 へ出力する。よって加算器 23 はこの有効電力指令値とインバータ有効電力演算値 C_r との偏差を演算し、有効電力調節器 25 はこの偏差を零にする制御信号を点弧角調整器 27 へ出力するし、加算器 24 は指令値である負荷無効電力演算値 L_q とインバータ無効電力演算値 C_q との偏差を演算し、無効電力調節器 26 はこの偏差を零にする制御信号を点弧角調整器 27 へ出力する。点弧角調整器 27 の出力信号はパルス増幅器 28 を経てインバータ 5 へ与えられる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 図 6 の従来例回路で記述している無効電力補償用三相電力変換装置の制御方法は、負荷 7 に流れる電流のうちの三相平衡成分に対する補償であって、これにより電圧変動をある程度は抑制できるが、不平衡電流成分に対して補償することはできないので、不平衡電流に起因して発生する電圧変動を抑制できない欠点を有する。

【0007】 そこでこの発明の目的は、三相電力系統に接続された負荷に流れる無効電力や、負荷の不平衡に起因して流れる逆相電流により系統電圧が変動するのを抑制することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 前記の目的を達成するためにこの発明の無効電力補償用三相電力変換装置の制御方法は、三相電力系統に三相電力変換装置を接続し、当該三相電力変換装置が出力する電流を正相 2 軸成分と逆相 2 軸成分とに分離して検出し、前記三相電力系統を流れる負荷電流を正相 2 軸成分と逆相 2 軸成分とに分離して検出し、この負荷電流各検出値を指令値にして前記三相電力変換装置出力電流各検出値を前記指令値に一致させる調節動作により正相電圧指令値 2 軸成分と逆相電圧指令値 2 軸成分とを求め、前記三相電力変換装置の各相を別個に制御する各相制御信号は、前記正相電圧指令値

3

2軸成分と逆相電圧指令値2軸成分から演算するものとする。

【0009】

【作用】第1の発明は、三相電力系統に接続している負荷に流れる電流を正相2軸成分と逆相2軸成分とに分離して検出し、三相電力変換装置としてのインバータに流れる電流を正相2軸成分と逆相2軸成分とに分離して検出する。正相電流調節器と正相非干渉演算器とにより、負荷電流正相2軸成分とインバータ電流正相2軸成分との偏差を零にする正相電圧指令値2軸成分が得られ、逆相電流調節器と逆相非干渉演算器とにより、負荷電流逆相2軸成分とインバータ電流逆相2軸成分との偏差を零にする逆相電圧指令値2軸成分が得られる。これら正相電圧指令値2軸成分と逆相電圧指令値2軸成分から、前記インバータの各相を別個に制御する各相制御信号を演算する。

【0010】第2の発明は以下の如くである。即ち、正相非干渉演算器が出力する正相電圧指令値2軸成分 V_{Pd} 、 V_{Pq} は下記の数式1で表され、逆相非干渉演算器*

$$\begin{bmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |V_u| \cdot \cos(\omega t + \phi_u) \\ |V_v| \cdot \cos(\omega t + \phi_v - 2\pi/3) \\ |V_w| \cdot \cos(\omega t + \phi_w - 4\pi/3) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} V_P \cdot \cos(\omega t + \phi_P) + V_N \cdot \cos(\omega t + \phi_N) \\ V_P \cdot \cos(\omega t + \phi_P - 2\pi/3) + V_N \cdot \cos(\omega t + \phi_N + 2\pi/3) \\ V_P \cdot \cos(\omega t + \phi_P - 4\pi/3) + V_N \cdot \cos(\omega t + \phi_N + 4\pi/3) \end{bmatrix}$$

【0015】この数式3を $|V_u|$ 、 $|V_v|$ 、 $|V_w|$ 30
と ϕ_u 、 ϕ_v 、 ϕ_w に関して展開すると、以下の数式
4～数式6が得られる。

【0016】

【数4】

$$|V_u| = \sqrt{V_{ud}^2 + V_{uq}^2}, \quad \phi_u = \tan^{-1} \frac{V_{uq}}{V_{ud}}$$

【0017】

【数5】

$$|V_v| = \sqrt{V_{vd}^2 + V_{vq}^2}, \quad \phi_v = \tan^{-1} \frac{V_{vq}}{V_{vd}}$$

【0018】

【数6】

$$|V_w| = \sqrt{V_{wd}^2 + V_{wq}^2}, \quad \phi_w = \tan^{-1} \frac{V_{wq}}{V_{wd}}$$

【0019】但し、数式4に記載の V_{ud} 、 V_{uq} は数式7
で、数式5に記載の V_{vd} 、 V_{vq} は数式8で、数式6に記
載の V_{wd} 、 V_{wq} は数式9でそれぞれが表される。

50

4

*が出力する逆相電圧指令値2軸成分 V_{Nd} 、 V_{Nq} は下記の
数式2で表される。

【0011】

【数1】

$$\begin{bmatrix} V_{Pd} \\ V_{Pq} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{bmatrix} V_P \cdot \cos \phi_P \\ V_P \cdot \sin \phi_P \end{bmatrix}$$

【0012】

10 【数2】

$$\begin{bmatrix} V_{Nd} \\ V_{Nq} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{bmatrix} V_N \cdot \cos \phi_N \\ V_N \cdot \sin \phi_N \end{bmatrix}$$

【0013】また、インバータが出力すべき各相電圧指
令値を、正相電圧成分と逆相電圧成分とに分離して表現
すると、下記の数式3となる。

【0014】

【数3】

【0020】

【数7】

$$V_{ud} = V_P \cdot \cos \phi_P + V_N \cdot \cos \phi_N$$

$$V_{uq} = V_P \cdot \sin \phi_P + V_N \cdot \sin \phi_N$$

【0021】

【数8】

$$V_{vd} = V_P \cdot \cos \phi_P + V_N \cdot \cos(\phi_N + 4\pi/3)$$

$$V_{vq} = V_P \cdot \sin \phi_P + V_N \cdot \sin(\phi_N + 4\pi/3)$$

40 【0022】

【数9】

$$V_{wd} = V_P \cdot \cos \phi_P + V_N \cdot \cos(\phi_N + 2\pi/3)$$

$$V_{wq} = V_P \cdot \sin \phi_P + V_N \cdot \sin(\phi_N + 2\pi/3)$$

【0023】これらの数式7～数式9に数式1と数式2
を代入することで、下記の数式10～数式12が得られ
る。

【0024】

【数10】

$$\begin{bmatrix} V_{ud} \\ V_{ua} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Pd} \\ V_{Pa} \end{bmatrix} + \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Nd} \\ V_{Na} \end{bmatrix}$$

【0025】

* * 【数11】

$$\begin{bmatrix} V_{vd} \\ V_{va} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Pd} \\ V_{Pa} \end{bmatrix} + \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} -1/2 & -\sqrt{3}/2 \\ \sqrt{3}/2 & 1/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Nd} \\ V_{Na} \end{bmatrix}$$

【0026】

※ ※ 【数12】

$$\begin{bmatrix} V_{wd} \\ V_{wa} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Pd} \\ V_{Pa} \end{bmatrix} + \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ \sqrt{3}/2 & 1/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Nd} \\ V_{Na} \end{bmatrix}$$

【0027】これらの数式10～数式12から、インバータが出力すべき三相各相の2軸電圧指令値を演算することができる。第3の発明は、前記の数式10～数式12で演算した各相毎の2軸電圧指令値から、インバータが出力すべき各相の電圧制御率 λ と、電圧位相差 ϕ を演算する。よって、インバータが出力すべき各相電圧を電圧制御率 λ と電圧位相差 ϕ とで表現すると、下記の数式13となる。

【0028】

【数13】

$$\begin{bmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_u \cdot \cos(\omega t + \phi_u) \\ \lambda_v \cdot \cos(\omega t + \phi_v - 2\pi/3) \\ \lambda_w \cdot \cos(\omega t + \phi_w - 4\pi/3) \end{bmatrix}$$

【0029】この数式13に記載の λ_u 、 λ_v 、 λ_w 、 ϕ_u 、 ϕ_v 、 ϕ_w は、前述した数式3～数式6により、下記の数式14～数式16で表される。

【0030】

【数14】

$$\lambda_u = \sqrt{V_{ud}^2 + V_{ua}^2}, \quad \phi_u = \tan^{-1} \frac{V_{ua}}{V_{ud}}$$

【0031】

【数15】

$$\lambda_v = \sqrt{V_{vd}^2 + V_{va}^2}, \quad \phi_v = \tan^{-1} \frac{V_{va}}{V_{vd}}$$

【0032】

【数16】

$$\lambda_w = \sqrt{V_{wd}^2 + V_{wa}^2}, \quad \phi_w = \tan^{-1} \frac{V_{wa}}{V_{wd}}$$

【0033】これらの数式14～数式16により得られる各相毎の制御率 λ と位相差 ϕ とを使って三相電力変換装置の各相を制御する。

【0034】

【実施例】図1は本発明の第1実施例を表した回路図で

あるが、この図1の第1実施例回路に図示の三相電力系統2、連系リアクトル3、変圧器4、インバータ5、直流コンデンサ6、負荷7、インバータ電流検出器11、負荷電流検出器12、直流電圧検出器13、系統電圧検出器14、直流電圧指令設定器15、加算器16、電圧調節器17、及びパルス増幅器28の名称・用途・機能は、図6で既述の従来例回路の場合と同じであるから、

20 これらの説明は省略する。

【0035】この第1実施例回路において、三相電力系統2に接続されている負荷7に流れる電流を負荷電流検出器12で検出し、これを電流指令値とする。即ち、この負荷電流検出器12で検出される負荷電流は、系統電圧検出器14が検出する系統電圧を基準にして、正相負荷電流検出器31が正相負荷電流直流2軸成分に分離して検出し、これらを正相電流指令値としているし、逆相負荷電流検出器32が逆相負荷電流直流2軸成分に分離して検出し、これらを逆相電流指令値としている。但し、前述した正相負荷電流直流2軸成分のうちの有効電流成分については、無効電力補償装置であるインバータ5に接続している直流コンデンサ6の電圧を一定に維持する制御を行う必要がある。そこで電圧調節器17は、直流コンデンサ6の電圧検出値（即ち直流電圧検出器13が検出する電圧）を電圧指令値（即ち直流電圧指令設定器15が設定する値）に一致させる制御を行い、当該電圧調節器17の出力信号を正相負荷電流直流2軸成分のうちの有効電流成分の指令値としている。

【0036】一方、インバータ5を流れる電流をインバータ電流検出器11で検出するインバータ電流を、前述した負荷電流の場合と同様に、系統電圧検出器14が検出する系統電圧を基準にして、正相インバータ電流検出器33が正相インバータ電流直流2軸成分に分離して検出し、これらを正相電流検出値とし、逆相インバータ電流検出器34が逆相インバータ電流直流2軸成分に分離して検出し、これらを逆相電流検出値としている。

【0037】4つの加算器35～38は、それぞれが前述した各電流指令値と各電流検出値との偏差を別個に演算して、その演算結果をそれぞれに対応した正相電流調節器41、42と逆相電流調節器43、44へ入力させ

7

る。正相電流調節器41、42は、その入力偏差を零にする調節動作の結果を正相非干渉演算器45へ出力し、逆相電流調節器43、44はその入力偏差を零にする調節動作の結果を逆相非干渉演算器46へ出力する。正相非干渉演算器45で演算された正相電圧指令値2軸成分 V_{pd} 、 V_{pq} （数式1参照）と、逆相非干渉演算器46で演算された逆相電圧指令値2軸成分 V_{nd} 、 V_{nq} （数式2参照）を各相制御信号演算回路50へ入力させる。

【0038】各相制御信号演算回路50はこれら正相電圧指令値2軸成分 V_{pd} 、 V_{pq} と逆相電圧指令値2軸成分 V_{nd} 、 V_{nq} から、三相各相を別個に制御する各相制御信号をパルス増幅器28を介してインバータ5へ与えることにより、負荷7に流れる無効電流や不平衡電流をこのインバータ5で補償することができる。図2は図1の第1実施例回路に記載の各相制御信号演算回路の構成を表した構成図である。図2に図示のように、各相2軸電圧演算器51は正相非干渉演算器45からの正相電圧指令値2軸成分 V_{pd} 、 V_{pq} と、逆相非干渉演算器46からの逆相電圧指令値2軸成分 V_{nd} 、 V_{nq} とを入力して、インバータ5が出力すべき三相各相の2軸電圧指令値を演算する。演算されたU相2軸電圧指令値 V_{ud} 、 V_{uq} （数式10参照）はU相ベクトルアナライザ52へ入力して電圧制御率 λ_u と電圧位相差 ϕ_u （数式14参照）とを出力し、V相2軸電圧指令値 V_{vd} 、 V_{vq} （数式11参照）はV相ベクトルアナライザ53へ入力して電圧制御率 λ_v と電圧位相差 ϕ_v （数式15参照）とを出力し、W相2軸電圧指令値 V_{wd} 、 V_{wq} （数式12参照）はW相ベクトルアナライザ54へ入力して電圧制御率 λ_w と電圧位相差 ϕ_w （数式16参照）とを出力する。

【0039】図3は本発明の第2実施例を表した回路図であって、前述した図2に記載の各相制御信号演算回路50の回路構成を表している。この第2実施例回路は8つのゲイン変換器61～68（各ゲインは同じ値とはならない）、3つの極性変換器71～73、及び10個の加算器77～86とで構成して、入力した正相電圧指令値2軸成分 V_{pd} 、 V_{pq} と逆相電圧指令値2軸成分 V_{nd} 、 V_{nq} とから、U、V、W各相の2軸電圧指令値 V_{ud} 、 V_{uq} 、 V_{vd} 、 V_{vq} 、 V_{wd} 、及び V_{wq} を演算している。

【0040】図4は本発明の第3実施例を表した回路図であって、前述した図2に記載のU相ベクトルアナライザ52の回路構成を表している。この第3実施例回路において、乗算器91と乗算器92はU相2軸電圧指令値 V_{ud} と V_{uq} を別個に2乗し、加算器93はこれら V_{ud}^2 と V_{uq}^2 との和を演算し、平方根演算器94はこの和の平方根であるU相電圧制御率 λ_u を算出する。更に除算器95は $V_{uq} \div V_{ud}$ の演算を行い、この除算結果を逆正接演算器96へ入力することで、この逆正接演算器96はU相電圧位相差 ϕ_u を算出する。

【0041】

8

【発明の効果】三相電力系統に接続して無効電力を補償する従来の三相電力変換装置は、負荷に流れる電流のうちの三相平衡成分に対する補償は行いが、不平衡成分に対する補償はできなかった。そのため不平衡成分に起因して発生する電圧変動は抑制できない不具合があったが、本発明によれば、三相電力変換装置の電流を正相電流直流2軸成分と逆相電流直流2軸成分とに分離して検出・制御した後、三相各相毎の電圧指令値に変換して前記三相電力変換装置の各相を別個に制御するので、前記三相電力系統に接続された負荷に無効電流や不平衡電流が流れ、これに起因して生じる逆相電流により系統電圧が変動するのを抑制することができる効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を表した回路図

【図2】図1の第1実施例回路に記載の各相制御信号演算回路の構成を表した構成図

【図3】本発明の第2実施例を表した回路図

【図4】本発明の第3実施例を表した回路図

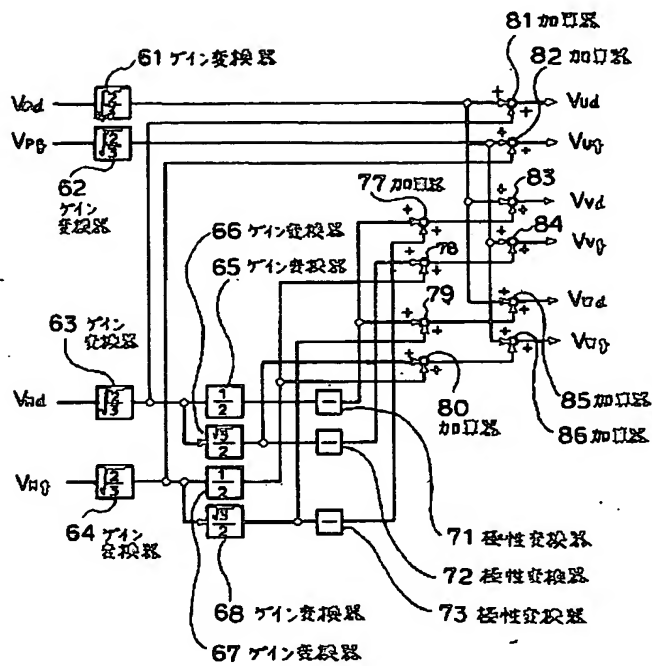
【図5】無効電力補償装置の基本構成を示した主回路接続図

【図6】図5の基本構成回路に従って無効電力を制御する従来例を示した回路図

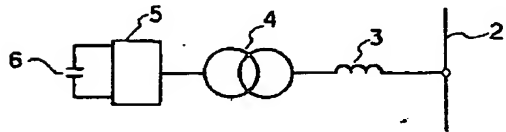
【符号の説明】

2	三相電力系統
5	三相電力変換装置としてのインバータ
6	直流コンデンサ
7	負荷
11	インバータ電流検出器
12	負荷電流検出器
13	直流電圧検出器
14	系統電圧検出器
15	直流電圧指令設定器
17	電圧調節器
21	負荷電力演算器
22	インバータ電力演算器
25	有効電力調節器
26	無効電力調節器
27	点弧角調整器
28	パルス増幅器
31	正相負荷電流検出器
32	逆相負荷電流検出器
33	正相インバータ電流検出器
34	逆相インバータ電流検出器
35～38	加算器
41、42	正相電流調節器
43、44	逆相電流調節器
45	正相非干渉演算器
46	逆相非干渉演算器
50	各相制御信号演算回路
51	各相2軸電圧演算器

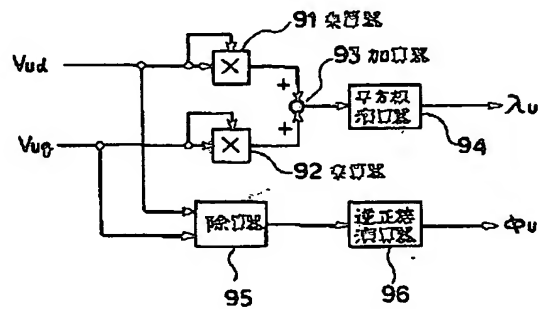
【図3】



【図5】



【図4】



【図6】

